

Isotopengeochemie gasförmiger  
Kohlenwasserstoffe  
- Ein Beitrag zur Prospektion von Erdöl  
und Erdgas -  
(Kurzfassung)

Stahl, Wolfgang

Veröffentlicht in:  
Jahrbuch 1988 der Braunschweigischen  
Wissenschaftlichen Gesellschaft, S.45-47



Verlag Erich Goltze KG, Göttingen

8.4.1988 in Hannover

## **Isotopengeochemie gasförmiger Kohlenwasserstoffe – Ein Beitrag zur Prospektion von Erdöl und Erdgas –**

(Kurzfassung)

Von **Wolfgang Stahl**

Kohlenwasserstoffe, Verbindungen aus den Elementen Kohlenstoff und Wasserstoff, sind die energetisch und mengenmäßig wichtigsten Bestandteile von Erdölen und Erdgas. Sie sind aus organischen Substanzen, die nach ihrem Lebenszyklus durch schnelle Einbettung in anoxische Sedimente vor der Oxydation bewahrt wurden, in geologisch langen Zeiten entstanden. Da großkettige Kohlenwasserstoffe bei hohen Temperaturen zerfallen (Crackprozesse), ist das Vorhandensein von Erdöllagerstätten wegen der zur Tiefe hin zunehmenden Temperatur auf die oberen 5–6 km unserer Erde beschränkt. Die Erdölvorräte sind damit, im Gegensatz zu anderen mineralischen Rohstoffen, prinzipiell begrenzt, und die Wahrscheinlichkeit, neue große Vorkommen zu entdecken, wird zukünftig geringer werden. Obwohl zur Zeit keine Gefährdung bei der Erdölversorgung zu erkennen ist, kann diese Situation sich schnell ändern. Gründe sind:

- Steigender Energiebedarf durch die wachsende Weltbevölkerung und die Industrialisierung der Dritten Welt.
- Stagnierender Ausbau der Kernenergie.
- Relative Sicherheit und Umweltfreundlichkeit bei der Nutzung von Erdöl und Erdgas.
- Steigender Bedarf an Kohlenwasserstoffen als Grundrohstoff für die chemische Industrie.

In Anbetracht der langen, oft mehr als 10 Jahre dauernden Zeit, die zwischen der Entdeckung einer Lagerstätte und ihrer Inbetriebnahme liegt, müssen bereits heute neue Strategien zur Erdölsuche entwickelt werden, um künftige Engpässe bei dem umweltverträglichen Rohstoff Erdöl zu vermeiden. Die Entwicklung neuer Erdölprospektionsmethoden ist somit ein notwendiger Beitrag zur Daseinsvorsorge für das nächste Jahrhundert.

Für Entstehung von Erdöllagerstätten müssen viele Voraussetzungen erfüllt sein. Die beiden wichtigsten sind:

- Es muß im Untergrund ein **Muttergestein**, d.h. eine an geeignetem organischen Material reiche Gesteinsschicht in einer Tiefe vorhanden sein, in der die Temperatur bereits so hoch ist, daß chemische Reaktionen organische Substanzen zu Kohlenwasserstoffen umwandeln.
- Es muß im Einzugsbereich dieses Muttergesteins eine **Fangstruktur** vorhanden sein, die die aus dem Muttergestein zur Erdoberfläche wandernden Kohlenwasserstoffe sammelt und speichert.

Die Suche nach Erdöllagerstätten konzentriert sich heute auf das Erkennen geeigneter Strukturen im Untergrund von Sedimentbecken. Die wichtigste Methode zum Auffinden von Fangstrukturen ist die Seismik. Ein direkter Nachweis von Muttergesteinen, die Kohlenwasserstoffe generieren, war bisher ohne Tiefbohrungen nicht möglich.

Aussagen über die Existenz, die Reife und den Typ organischer Muttersubstanzen im tiefen Untergrund können inzwischen, nach langjährigen Entwicklungsarbeiten der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover, durch die isotopen-geochemische Untersuchung der bei der Erdölbildung im Muttergestein entstehenden und zur Oberfläche wandernden gasförmigen Kohlenwasserstoffe gemacht werden [1]. Diese geochemische Methode basiert auf folgenden Überlegungen: Die Erdölgenese erfolgt nur in wasserstoffreichen Muttersubstanzen, i.a. bevorzugt in Muttergesteinen aus marinen und lacustrinen Ablagerungsbereichen. Die Reifung von Muttergesteinen mit hohen Anteilen an höheren Landpflanzen führt zu Kohlen. Die Bildung von Erdöl ist außerdem tiefenmäßig begrenzt. Sie ist nur in einem bestimmten Temperaturbereich, dem Ölfenster, möglich. Dort muß die Temperatur bereits so hoch sein, daß chemische Reaktionen, die die Muttersubstanzen zu Kohlenwasserstoffen umwandeln, bereits anlaufen, aber noch so niedrig, daß die Erdölmoleküle nicht gecrackt werden. Immer entsteht bei der Reifung über den gesamten Temperaturbereich Methan, der leichteste gasförmige Kohlenwasserstoff, der sich aus einem Kohlenstoffatom und 4 Wasserstoffatomen aufbaut.

Der Kern des Kohlenstoffatoms besteht aus 6 Protonen und 6 Neutronen. Mit einer natürlichen Häufigkeit von etwa 1 % sind jedoch 7 Neutronen im Kohlenstoffkern eingebaut. Damit existieren zwei stabile Isotope: Kohlenstoff-12 und Kohlenstoff-13. Bei der Reifung, d.h. bei der Bildung des Methans aus der Muttersubstanz, tritt aufgrund unterschiedlicher Bindungsenergien der Kohlenstoffisotopen in der Kohlenstoffmatrix der organischen Substanz eine Verschiebung der Kohlenstoffisotopenverhältnisse zugunsten des schwereren Kohlenstoffs ein. Die thermische Belastung der Muttersubstanz ist also im Kohlenstoffisotopenverhältnis des bei der Reifung entstehenden Methans dokumentiert. Außerdem ist das Kohlenstoffisotopenverhältnis des Methans von der Zusammensetzung des organischen Ausgangsmaterials abhängig. Da Methan als kleines Molekül leicht aus einer Muttersubstanz bis zur Erdoberfläche migriert, bringt es durch die Isotopenverhältnisse seiner Kohlenstoffatomkerne wichtige Informationen über die Reife und den Typ seiner Muttersubstanz mit. Es können somit aus chemischen Untersuchungen von Gasen, die in oberflächennahen Sedimenten in geringsten Mengen ( $\mu\text{l}$  Methan/kg Gestein) adsorbiert sind, Aussagen über die Erdöl-höflichkeit des tiefen Untergrunds gewonnen werden.

Die Gesteinsproben für die Untersuchungen werden im kontinentalen Bereich durch Flachbohrungen aus 15 bis 20 m Tiefe, auf See durch 1 bis 2 m lange Schwerelote aus Wassertiefen bis 2.000 m gewonnen. Die in den Sedimentproben adsorbierten Gase werden gaschromatographisch getrennt und das Methan isotopengeochemisch in einem Massenspektrometer untersucht [2]. Bisher hat die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe in Hannover 25 großräumige Fallstudien weltweit durchgeführt. In 80 % der Fälle konnten richtige Aussagen über Typ und Reife der Mutter-

gesteine im Untergrund erzielt werden [3]. Die Studien zeigen, daß die Methode im marinen Bereich wegen kleinerer Störeffekte besser als an Land einsetzbar ist.

Die Methode kann zur Entscheidungsfindung bei der Konzessionsnahme umstrittener Gebiete und zur Prioritätsentsetzung beim Abbohren seismisch erkannter Strukturen benutzt werden. Sie ermöglicht es, das Kohlenwasserstoffpotential eines Gebiets einzuschätzen und im Zusammenwirken mit seismischen und erdölgeologischen Verfahren eine Höffigkeitsbewertung von Untergrundsstrukturen vorzunehmen.

### **Literatur**

- [1] STAHL, W.: Kohlenstoff-Isotopenverhältnisse von Erdgasen. Erdöl und Kohle 28, 188–191, 1975.
- [2] FABER, E., STAHL, W.: Analytic procedure and results of an isotope geochemical surface survey in an area of the British North Sea. In: J. Brooks (ed.): Petroleum geochemistry and exploration of Europe, 51–53, London, 1983.
- [3] STAHL, W., BERNER, U., FABER, E.: Progress in isotope geochemical surface exploration. Proc. 3rd. Asean Council of Petroleum, Vol. 2, 159–173, Kuala Lumpur, 1986.